

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 60036825
PUBLICATION DATE : 26-02-85

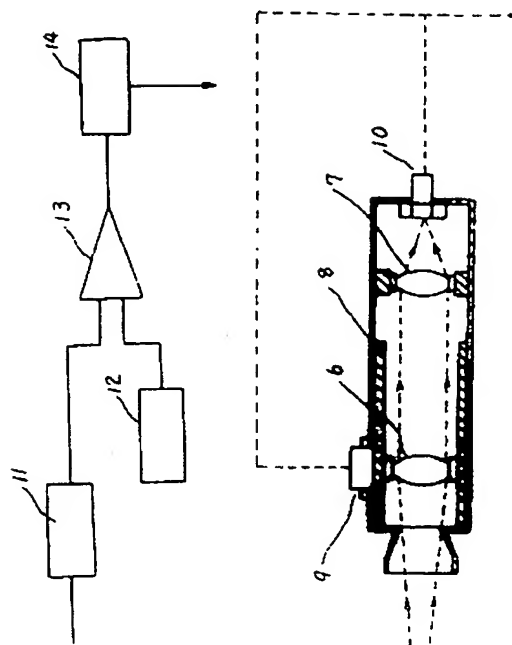
APPLICATION DATE : 10-08-83
APPLICATION NUMBER : 58146124

APPLICANT : BABCOCK HITACHI KK;

INVENTOR : MASAI TADAHISA;

INT.CL. : F23N 5/12 // G01J 5/10

TITLE : CONTROL METHOD FOR
COMBUSTION FLAME AND DEVICE
THEREOF



ABSTRACT : PURPOSE: To enable highly precise control of a combustion flame without disturbance of a combustion flame, by measuring temperature distribution in a flame in non-contact manner.

CONSTITUTION: In a plurality of positions in a combustion flame, spectral analysis is effected by a light detector 10, and vibration spectrum of the obtained OH is calculated to find temperature distribution in flame. A storing circuit 12 stores temperature distribution in flame measured under an optimum combustion condition. A comparing circuit 13 compares temperature distribution in flame at a present point of time, which is outputted from a computing circuit 11, with temperature distribution in flame under the stored optimum combustion condition, and a difference therebetween is outputted to a control circuit 14. The control circuit 14 inputs an output from the comparing circuit 13 to decide a proper control command to a control drive part and output a command as a control signal. The outputted control signal is fed to a control place to perform control of flame into an optimum combustion condition.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭60-36825

⑬ Int. Cl.⁴ 識別記号 庁内整理番号 ⑭ 公開 昭和60年(1985)2月26日
F 23 N 5/12 8112-3K
// G 01 J 5/10 7145-2G 審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

⑮ 発明の名称 燃焼火炎の制御方法および装置

⑯ 特 願 昭58-146124

⑰ 出 願 昭58(1983)8月10日

⑱ 発 明 者 相 馬 憲 一 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究
所内

⑲ 発 明 者 嵐 紀 夫 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究
所内

⑳ 発 明 者 小 豆 畑 茂 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究
所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 出 願 人 バブコック日立株式会 東京都千代田区大手町2丁目6番2号
社

㉓ 代 理 人 弁理士 鶴 沼 辰之 外1名
最終頁に続く

明 細 書

発明の名称 燃焼火炎の制御方法および装置
特許請求の範囲

1. 燃焼火炎の制御方法において、火炎中の温度分布を光学的に非接触で測定し、測定される該温度分布に基づいて燃焼火炎を制御することを特徴とする燃焼火炎の制御方法。

2. 火炎を光学的測定する手段は、火炎中の・OHの発光スペクトルを分光分析する手段であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の燃焼火炎の制御方法。

3. 燃焼火炎中の断面積を見出す光学的測定器と、この測定器からの発光スペクトルを分光分析した結果を入力し、温度分布を計算する演算回路と、最適燃焼状態時の火炎中の温度分布を記憶する記憶回路と、該演算回路からの出力および該記憶回路からの出力を比較する比較回路と、該比較回路からの出力に基づいて制御信号を出力する制御回路とを具備してなることを特徴とする燃焼火炎の制御装置。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は燃焼火炎の制御方法に係り、特に火炎中の温度分布を非接触状態で計測することにより燃焼火炎を高精度で制御できるようにした燃焼火炎の制御方法および装置に関する。

〔発明の背景〕

例えば火力発電所のボイラーのメインバーナでは最適燃焼状態として、低NO_x、低未燃分の燃焼状態を得るために燃焼火炎を制御することが必要とされる。また、NO_x以外にも、一酸化炭素、酸素または重炭酸ガス等が測定され、燃焼火炎の制御に供される。

ところで従来、燃焼火炎を制御する場合は、一般に排ガス中のガス分析等を行ない、その分析値を用いて制御系への信号を出力する方法がとられている。

例えば、排ガス中のNO_x濃度を把握するためは、燃焼燃焼道から排ガスを各種のNO_x計に依りて濃度を測定している。また、直接燃焼道から測定計

器への導入が不可能な場合にはサンプリング用シリンジを用いて、煙道から排ガスを採集して、 N_2O_x 計により濃度を測定している。いずれの方法にせよ、ガスの採集を行ない、その分析値に基づいて制御信号を出力して制御する方法を行なっている。

このような、排ガスの採集による排ガス分析およびその値を用いて行なわれる燃焼火炎の制御方法では、急激な燃焼状態の変化には対応できないという欠点がある。

そこで、火炎自体の視察に基づく高精度の制御を行なうことが考えられる。例えばバーナ出口付近の火炎中のガス濃度分布、温度分布等を検出しこれに基づいて最適燃焼状態時の火炎を保つような制御が精度が高い制御と考えられる。

しかし、従来ではこのような場合でもバーナ出口付近の火炎中でガス濃度分布の測定は通常、サンプリングプローブを火炎中に挿入してガスをサンプリングして測定される。また温度分布は、熱電対を挿入して測定される。従つて、いずれの

即ち、火炎温度を非接触で測定し、その測定点を移動させて火炎中の温度分布を求め、その分布によつて火炎を制御するものである。

また、本発明に係る燃焼火炎の制御装置では、火炎中の・OHの発光スペクトルを分光分析した結果を入力し、温度分布を計算する計算回路、最適燃焼状態時の火炎中の温度分布を記憶している記憶回路、該計算回路からの出力および、該記憶回路からの出力とを比較する比較回路、該比較回路からの出力によつて制御信号を出力する制御回路とを具備したものである。

〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。

燃焼火が1に取り付けたバーナ2から火炎が引出され、その火炎の光は二つのビューポート3A、3Bから採光されるようにしている。採光された光は、夫々分光カメラ4によつて電気信号に変換され、その出力が信号制御器5に導かれ、その出力を受けて信号制御器から制御信号が出力される

特開昭60-36825(2)

方法も、火炎を乱してしまい、正確な分布の測定は困難と考えられる。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、燃焼火炎を乱すことなくその火炎の温度分布を測定することができ、燃焼火炎の制御の高精度化が図れる燃焼火炎の制御方法および装置を提供することにある。

〔発明の概要〕

本発明に係る燃焼火炎の制御方法では、火炎中の温度分布を光学的手段によつて非接触で測定し、測定される温度分布を用いて燃焼火炎を制御するようにしている。

本発明に係る燃焼火炎の制御方法は、好適には燃焼火炎中に多く存在する水酸基ラジカル（以下・OHと称する）の発光を分光分析し、その結果得られるスペクトルの波長と発光強度から火炎の温度を計算し、温度分布を求め、その分布を最適燃焼状態時の火炎の温度分布と比較する事によつて制御信号を出力することにより、燃焼火炎を制御するものである。

ようにしている。

各分光カメラ4には第2図に示すように、ビューポート3A、3Bからの光を採光する集光レンズ6および結像レンズ7が設けられている。集光点灯集光用レンズ6の焦点距離位置であり、焦点周辺の光が最も強く観察される。この集光レンズ6はサイドレール8に沿い、レンズ駆動装置9を介して前後動可能とされており、集光レンズ6の焦点、即ち採光点を前後させることができる。そして、この採光点の前後動操作によつて、火炎内外部の断層を観察することができる。

凸レンズの特性上、焦点から出た光は凸レンズ通過後は平行光線となる。また、逆に凸レンズに平行光線として入射した光は、焦点に結ぶ特性がある。この特性を利用し、集光レンズ6を通過した平行光線を結像レンズ7で光を焦点で結ばせ、その焦点位置に光検知器10を配置している。これによつて、集光レンズ6の焦点距離位置の採光された光が、光検知器10の検知部に強い光となつて結像することになる。

したがって、結像レンズ7と光検知器10は固定したまま、集光レンズ6をサイドレール8に沿って、レンズ駆動装置9によつて前後させるといふ簡単な操作を行なうだけで、集光位置すなわち、観察位置を変えることが可能であり、火炎の断面が内外部に亘つて観察できる。

本実施例では、火炎中の・OHの発光スペクトルを分光分析することにより、火炎中の温度を非接触で測定するようにしている。即ち、・OHの発光スペクトルが観察される波長域に、検知能の高い、光検知器10、例えば光電子増倍管を用いている。なお、光検知器10としては、光電子増倍管の他、フォト・ダイオードやスペクトル・マルチチャンネル・アナライザ(S.M.A.)等を用いても良い。光検知器10は光信号を電気信号に変換し、その電気信号を信号処理系へ送るようになっている。

次に信号処理系を第3図に示すダイアグラムによつて説明する。この処理系は火炎中の・OHの発光スペクトルを分光分析した結果を入力し、温

度軸が波長である。分光分析の結果得られたスペクトル線のピークの横軸位置(波長)と縦軸位置(発光強度)との値から温度を計算することになる。

計算の基となる式は、次式で与えられる。

$$\ln(I_w/w^4 \cdot P \cdot g) = -E/kT + \text{定数}$$

なお、 I_w は波長 w での発光強度、 w はスペクトル線の波長の逆数、 P は波長 w の光を発するエネルギーレベル E への遷移確率、 g は多重度、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である。即ち、分光分析を行なつて得られたスペクトル線の強度を求め、左辺の値を計算し、 E/k に対してプロットすれば、直線の傾きは $1/kT$ であり、 k は定数であるから T が求められることになる。

以上の結果、燃焼火炎中の任意のある一点を集光して、光検知器10によつて分光分析を行ない、得られた・OHの振動回転スペクトルについて前述の基式によつて計算することにより、集光された任意の一点での温度が求められることになる。従つて、この操作を火炎中の複数の位置に

制御回路-36825(3)

度分布を計算する演算回路11、最適燃焼状態時の火炎中の温度分布を記憶する記憶回路12、演算回路11からの出力と記憶回路12からの出力とを比較判定する比較回路13および比較回路13からの出力によつて制御信号を出力する制御回路14を有している。

演算回路11は、光検知器へ任意の波長の光信号を電気信号へ変換するための命令を出力する命令回路、光検知器からの出力を入力して、強度の計算を行なう計算回路、火炎中の任意の位置の光を集光するためにレンズ駆動装置9を駆動させるためのレンズ駆動コントロール回路とから構成されている。

計算回路で行なう計算は、火炎中に広く存在が確認されている・OHの発光を分光分析して得られるスペクトル線の発光強度と波長とから行なわれるものである。第4図に測定された燃焼火炎中のある任意の一点での・OHの分光分析結果の一例を示した。これは、・OHの振動回転スペクトルと称される分析結果であり、横軸が発光強度、

ついて行なえば、火炎中での温度分布が求められることになる。

次に、記憶回路12は、最適燃焼状態時に測定計算された火炎中での温度分布を記憶しているものである。ここで言う最適燃焼状態は、火炎の性質によつて異なり随時判断されるものであるが、例えば火力発電所のボイラーのメインバーナの場合は低 NO_x 、低未燃分の燃焼状態である。

また、比較回路13は前記の如く、演算回路11から出力される現時点での火炎中の温度分布と、任意に記憶されている最適燃焼状態時の火炎中の温度分布との差異を比較し、この差異を制御回路14へ出力する。

さらに制御回路14は、比較回路13からの出力を入力して制御駆動部へ適切な制御命令を判定し、命令を制御信号として出力する。

しかして、出力される制御信号は任意の制御場所、例えばシャフト調整部へと導かれ、最適燃焼状態への制御が行なわれることになる。以下その一例を第5図～第7図によつて説明する。

第5図において15はバーナであり、燃料噴出用のバーナチップ16の出口付近に出口に向つて拡散する円錐形の燃焼分散用コーン17を有する燃料噴出ノズル18が設けてある。この燃料噴出用ノズル18の外周同心円上に点火プラグ19付きの燃焼炉内予熱および燃焼点火用のガス抜き用ノズル20と、このノズルの外周同心円上に燃焼用空気を送る空気ノズル21とを有する構成とされている。なお、円錐形の燃料分散用コーン17には、最適コーン位置を設定できるように、円錐部頂点からバーナ外部へ棒状の調整用シャフト22Aおよび調整器22Bが設けてある。

第6図は、燃料として微粉炭を用いた場合の微粉炭の分散の様子を示している。中央配管内を搬送された微粉炭は、微粉炭分散用コーン17により絞られた微粉炭噴出ノズル18から噴出し、放射線状に分散する。この時、中央配管の同心円外周に配設された配管23から燃焼用空気が供給される。これにより、放射線状に分散した微粉炭に充分に空気が供給され、高空気比燃焼域が形成さ

れる。また、コーン前面部付近は、周囲よりも負圧になつてゐるため、微粉炭の一部が巻きこまれる。しかし、そこには外周から供給される空気の拡散が少ないため、低空気比燃焼領域が形成される。

即ち、第7図に燃料濃度分布と空気比分布を示している。高空気比燃焼域では NO_x が生成し、低空気比燃焼域では NH_3 、 HCN 、炭化水素等の還元性物質の生成が行なわれる。 NH_3 や HCN は NO_x を還元し N_2 とするので NO_x と、これら還元性物質が混合することになり、低 NO_x 燃焼が可能となる。また、高空気比燃焼火炎が低空気比燃焼火炎を包み込んでいるので、低空気比燃焼火炎で生成した未燃分は、高空気比燃焼火炎で燃焼され、未燃分の低下が図れる。

本実施例で示したバーナ15では、第7図に示した燃料濃度分布を形成させることが最適燃焼状態を形成させることになる。その調整のためにコーンを前後させる制御を行なうものである。つまり、第7図に示した燃料濃度分布と空気比分布および温度分布を保つことが最適燃焼状態を保つこ

とになる。従つて、それらの分布のうち、いずれか1つの分布のみを観察しておけば良いことになる。つまり、燃料濃度分布や、空気比分布は実際に火炎中にサンプリングプローブ等挿入して測定しなければならず、火炎を乱してしまう上に時間即応性の制御は不可能であつたものを、本実施例による非接触の温度計測法を用いた場合は、第7図のような火炎温度分布を観察しておくことにより、理想的な制御を行なうことができる。

また、バーナ先端の火炎中の温度分布を非接触で、短時間で測定し、温度分布を求め、それによつて火炎を制御することによつて急激な変化等についても、即応的な高精度の制御が可能となる。

次に、具体的な数値による一実施例について第8図～第11図により説明する。

第8図および第9図は本実験で用いたバーナの概略図を m/m 単位による寸法と共に示している。配管Cから空気とプロパンをバーナに導入し、混合室Bでそれらを充分に混合させ、予混合燃料とする。予混合燃料は多孔板Aから均一に噴出され

特開昭60-36825(4)

予混合火炎を形成する。

その様子を第10図に示している。図中Fが予混合火炎である。この火炎の中心部Mの光のみを採光し、火炎中の火炎温度分布を測定した結果を第11図に示す。なお、第10図におけるバーナ先端からの距離 L は、第10図のバーナ先端からの距離と一致する。しかし、火炎温度分布を測定した時の排ガス分析値および排ガス分析値から算出した空気比を下記の表に示す。

排ガス分析値と空気比(1)

点	記号	酸素(%)	水素(%)	一酸化炭素(%)	空気比 γ (1)
①	(E)	1.6	4.22	4.54	0.86
②	(D)	0.81	1.68	0.96	0.97
③	(D)	4.15	0.18	0	1.24

(空気比(1)) = $\frac{21 - (\text{O}_2\% - \frac{1}{2}\text{H}_2\% - \frac{1}{2}\text{CO}\%)}{21}$

上記表(第11図中②の排ガス分析結果)から不完全燃焼の指標である一酸化炭素(CO)濃度が1%程度であり、酸素(O_2)濃度も低く完全燃焼

と見られる。

第8図から第11図は本実験で用いたバーナの概略図を m/m 単位による寸法と共に示している。配管Cから空気とプロパンをバーナに導入し、混合室Bでそれらを充分に混合させ、予混合燃料とする。予混合燃料は多孔板Aから均一に噴出され

予混合火炎を形成する。

その様子を第10図に示している。図中Fが予混合火炎である。この火炎の中心部Mの光のみを採光し、火炎中の火炎温度分布を測定した結果を第11図に示す。なお、第10図におけるバーナ先端からの距離 L は、第10図のバーナ先端からの距離と一致する。しかし、火炎温度分布を測定した時の排ガス分析値および排ガス分析値から算出した空気比を下記の表に示す。

排ガス分析値と空気比(1)

(空気比(1)) = $\frac{21 - (\text{O}_2\% - \frac{1}{2}\text{H}_2\% - \frac{1}{2}\text{CO}\%)}{21}$

していることが分かる。また、火炎温度も最大
1750℃を示し、プロパンの断熱火炎温度の計
算値2000℃に近く燃焼効率が良いことが分る。
この②に示すような火炎温度分布が、排ガス分析
値からも、火炎温度からも、本実験で用いている
バーナでは好ましい分布である。なお、この火炎
の空気比も0.97と最も燃焼性の良い1.00に非
常に近い値を示していることから分かる。従つ
て、第11図中②を、本実験で用いているバーナ
の最適火炎温度分布としてメモリーする。

次に燃焼状態の悪い場合の例として、適当にバ
ーナに送る空気量を変化させ、前述と同様に火炎
中の火炎温度分布を測定したところ、第11図中
①で示す分布となり、②とは大きくかけ離れてい
た。これにより、燃焼状態が悪くなっていること
が分かる。なお、この火炎について、排ガス分析
した結果、一酸化炭素は5%発生しており、かつ
酸素も残っているという非常に燃焼性が悪いこと
がこの結果からも分かる。従つて、①で示す火炎
温度分布を②の火炎温度分布に近づけるように火

特開第60-36825(5)

炎を制御すれば良く、この実験では、バーナへ導
入する空気量を変化させることで制御できる。即
ち、空気量を変化させるバルブの開閉を多少変化
させ、火炎温度分布を測定して②に近づけるよう
にバルブの開閉部へ出力することにより制御する。

なお、もう一つの例として、火炎温度分布が第
11図の③で示す結果となつた場合がある。この
結果も②から大きくかけ離れており、最適燃焼状
態からかけ離れた燃焼効率の低い燃焼であること
が分かる。従つて、①の場合と同様に、バーナへ
導入される空気量を調整するバルブの開度を操作
し、火炎温度分布を②となるよう制御を行なう。
なお、③のような火炎温度分布を示している火炎
の排ガスの分析結果は前記の表に示すとおりであ
る。排ガス中には、酸素が4%程度も残存してお
り、酸素が過剰にバーナ中へ導入されていること
が分かる。従つて、結果的には空気を取る方向へ
バルブを調整することになる。

以上の実験例から、火炎の温度分布は火炎の燃
焼の分析から非接触で計測することができ、最適

燃焼時の分布を記憶させておき、他の燃焼効率の
低い場合の火炎温度分布と記憶内容とを比較する
ことによつて、火炎を制御できることが確認でき
た。

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、バーナ出口付
近の火炎温度分布を非接触で測定することができ、
その測定した温度分布によつて火炎自体を精度良
く制御できる。したがつて最適燃焼状態を長時間
保持できると共に高効率燃焼を実現できる等の優
れた効果が奏される。

図面の簡単な説明

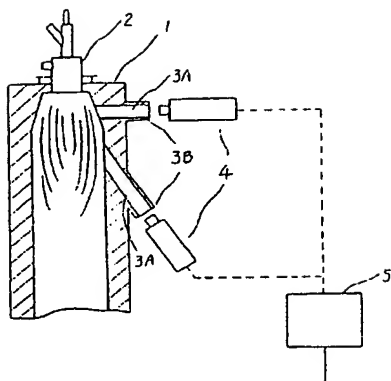
図は本発明の一実施例を示すもので、第1図は
火炎計測部を示す断面図、第2図は分光カメラを
示す断面図、第3図は信号処理系を示すダイヤグ
ラム、第4図は燃焼火炎中の・OHの振動回転ス
ペクトルを示すグラフ、第5図はバーナの構成を
示す断面図、第6図は微粉炭の分散状況を示す模
式図、第7図はバーナ出口付近の燃料温度分布、
空気比分布、温度分布を示す特性図、第8図は実

験用バーナを示す断面図、第9図は第8図の平面
図、第10図は同燃焼状態を示す模式図、第11
図は同実験結果を示す特性図である。

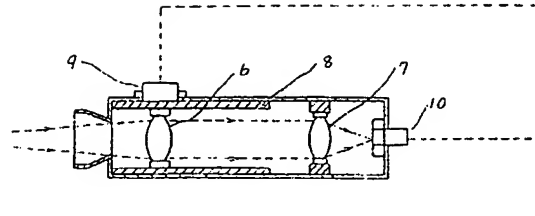
1…燃焼炉、2…バーナ、3A、3B…ビュー
ポート、4…分光カメラ、5…信号制御器、6…
集光用レンズ、7…結像レンズ、8…サイドレ
ール、9…レンズ駆動装置、10…光検出器、11
…演算回路、12…記憶回路、13…比較回路、
14…制御回路。

代理人 弁理士 森田 隆之

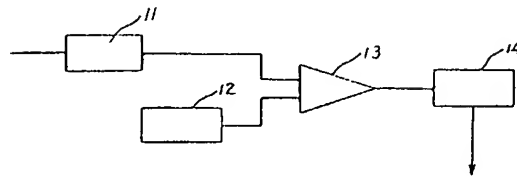
第1図



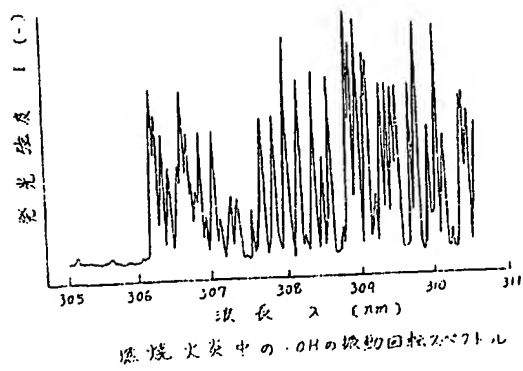
第2図



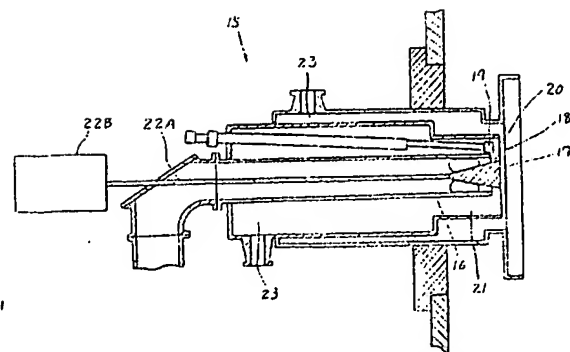
第3図



第4図



第5図



特開昭60- 36825(8)

第1頁の続き

②発明者	楢戸	清	日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
②発明者	稲田	徹	日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
②発明者	小林	啓信	日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
②発明者	大塚	馨象	日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
②発明者	菱沼	孝夫	日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
②発明者	政井	忠久	東京都千代田区大手町2丁目6番2号 バブコック日立株式会社